

**PENGARUH *PREHEATING* PADA CETAKAN PERMANEN
TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS
BESI COR KELABU
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan
Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

TEGUH CRISTY MARTANTA

D 200 110 093

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2016

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH *PREHEATING* PADA CETAKAN PERMANEN TERHADAP
SIFAT FISIS DAN MEKANIS BESI COR KELABU**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

TEGUH CRISTY MARTANTA

D 200 110 093

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Agus Yulianto, ST, MT
NIK. 700

HALAMAN PENGESAHAN
PENGARUH *PREHEATING* PADA CETAKAN PERMANEN TERHADAP
SIFAT FISIS DAN MEKANIS BESI COR KELABU

OLEH

TEGUH CRISTY MARTANTA

D 200 110 093

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Rabu, 05 Oktober 2016

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

- 1. Ir. Ngafwan, MT**
(Ketua Dewan Penguji)
- 2. Dr. Supriyono**
(Anggota I Dewan Penguji)
- 3. Patna Partono, ST, MT**
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, MT, Ph.D

NIK.682

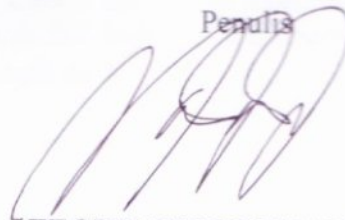
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak ada karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, Rabu 5 Oktober 2016

Penulis



TEGUH CRISTY MARTANTA

D 200 110 093

PENGARUH PREHEATING PADA CETAKAN PERMANEN TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS BESI COR KELABU

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh preheating pada cetakan permanen besi cor ductile pada suhu 400⁰C terhadap sifat fisis dan mekanis besi cor kelabu. Pembekuan besi cor kelabu ini dipantau dengan ce meter dan setelah mengeras akan mengalami beberapa pengujian logam, antara lain: uji kekerasan, uji metalografi dan uji komposisi kimia. Penelitian ini menggunakan material besi cor kelabu. Dari spesimen besi cor kelabu ini akan ditentukan 16 titik uji untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis di beberapa titik yang telah ditentukan. Pengujian komposisi kimia menggunakan standar JIS.

Hasil pengujian menunjukkan pengaruh preheating dengan suhu 400⁰C pada cetakan permanen besi cor ductile dengan material besi cor kelabu menghasilkan distribusi kekerasan yang beragam. Pada sisi tengah diameter spesimen diambil 5 titik dari bawah ke atas terlihat nilai kekerasan sebagai berikut: 219.54 Hv, 127.28 Hv, 150.80 Hv, 189.18 Hv dan 144.54 Hv. Pada sisi atas dari tengah diameter sampai tepi sebagai berikut: 144.54 Hv, 167.99 Hv, 159.50 Hv, 174.41 Hv dan 176.23 Hv. Pada sisi luar dari atas ke bawah sebagai berikut: 176.23 Hv, 269.23 Hv, 220.93 Hv, 258.03 Hv dan 175.14 Hv. Pada sisi bawah dari tepi ke tengah diameter sebagai berikut: 175.14 Hv, 188.10 Hv, 190.97 Hv, 195.77 Hv dan 219.54 Hv. Pada hasil pengujian peleburan logam menggunakan CE meter diperoleh temperatur awal 1356.8⁰C, temperatur liquid 1155.4⁰C, temperatur solid 1113.6⁰C dimana besi mulai padat namun masih berwarna merah hingga temperatur akhir 1060⁰C dimana besi telah beku. Pada hasil uji komposisi kimia terdapat 20 unsur kimia dengan kadar yang berbeda dan pengamatan struktur mikro di temukan struktur grafit dan sementit. Dari hasil pengujian tersebut bisa diketahui bahwa material yang terbentuk adalah besi cor kelabu FC 150 dengan standar JIS.

Kata kunci: besi cor kelabu FC150, kekerasan, ce meter, komposisi kimia.

Abstracts

Purpose of the research is to know effect of preheating of permanent ductile cast iron mold at 400⁰C on physical and mechanical characteristics of grey cast iron. Solidification of the grey cast iron was monitored by using CE meter and after solidification was completed, the metal was tested for hardness test, metallographic test and chemical composition test. The research used tapered grey cast iron. Sixteen points of tests will be determined in the specimens of grey cast iron in order to know physical and mechanical characteristics in the predetermined points. Chemical composition test used JIS standards.

Results of the research indicated that effect of preheating at temperature of 400⁰C in permanent ductile iron mold with grey cast iron material produced varied hardness distribution. At the middle of diameter of the specimen, 5 points of tests taken bottom-up indicated values of hardness as follow: 219.54 Hv, 127.28 Hv, 150.80 Hv, 189.18 Hv and 144.54 Hv. At upside part of the middle of diameter to the side part were as follow: 144.54 Hv, 167.99 Hv, 159.50 Hv, 174.41 Hv and 176.23 Hv. At outer side that were taken bottom-up were as follow: 176.23Hv, 269.23Hv, 220.93 Hv, 258.03 Hv and 175.14 Hv. At lower side from edge to middle of the diameter were as follow: 175.14 Hv, 188.10 Hv, 190.97 Hv, 195.77 Hv and 216,54 Hv. Results of metal smelting test by using CE meter showed that initial temperature was 1356.8⁰C, liquid temperature was 1155.4⁰C, and solid temperature was 1113,6⁰C in which the iron began to solid but it's color was still red until final temperature of 1060⁰C when it solidified. Results of chemical composition test found 20 chemical elements with different level and micro structure observation found graphite and cementite structures. It can be known from results of the tests that the formed material was FC 150 grey cast iron with JIS standards.

Keywords: FC 150 grey cast iron, hardness CE meter, chemical composition

1. PENDAHULUAN

Besi cor adalah jenis material yang sudah lama digunakan manusia untuk menunjang kehidupan dalam bentuk peralatan atau komponen rumah tangga, permesinan, alat transportasi dan lain-lain didalamnya terdapat besi yang mengandung karbon, fosfor, silikon, mangan, fosfor, dan belerang. Dalam struktur besi cor biasa 85% dari kandungan karbon berbentuk sebagai *grafit*. Besi cor digolongkan menjadi enam macam: besi cor kelabu, besi cor putih, besi cor nodular dan besi cor mampu tempa.

Besi cor kelabu memiliki kadar silikon yang tinggi yaitu kurang lebih 5,5 sampai 50% dan kadar mangan yang rendah. Karena itu pembentukan karbon bebas jadi meningkat. Jadi besi tuang kelabu setelah didinginkan mengandung *grafit*. *Grafit* tersebut terdapat dalam besi-tuang berupa pelat-pelat tipis. Besi tuang kelabu memperoleh namanya dari bidang patahan yang berwarna kelabu, yang disebabkan oleh *grafit* hitam.

Cetakan permanen yang digunakan harus melalui proses *preheating* sebelum dituang besi cor cair dalam rongga cetakan tersebut. *Preheating* disini yang dimaksud adalah pemanasan cetakan permanen dari logam *ferro* untuk menaikkan suhu cetakan. Selisih temperatur besi cor cair yang dituang dengan cetakan akan menimbulkan ledakan jika terlalu jauh. Maka diperlukan penelitian tentang *preheating* yang aman dan karakter logam yang dihasilkan pada temperatur *preheating* tertentu.

Untuk itu sangat diperlukan penelitian yang terkait dengan *preheating* cetakan permanen khususnya untuk material besi cor *ductile*.

Tujuan penelitian

1. Mengetahui pengaruh *preheating* pada cetakan permanen besi cor *ductile* pada temperatur tertentu.
2. Mengetahui sifat fisis dan mekanis besi cor kelabu hasil *preheating* pada beberapa titik yang ditentukan.

Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Pembuatan spesimen besi cor kelabu pada *tapping* awal.
2. *Preheating* cetakan permanen besi cor *ductile* pada temperatur di bawah 500°C.
3. Pengujian sifat fisis dan mekanis dari spesimen yang diuji.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mengenal masalah yang dihadapi serta untuk menyusun rencana kerja yang dilakukan.

2. Melting besi cor kelabu dan pemanasan cetakan

Peleburan (*melting*) dilakukan di PT BONJOR JAYA Klaten. Proses melting bisa dilakukan bersamaan dengan pemanasan cetakan.

3. Penuangan besi cor cair ke dalam FCD

Penuangan besi cor cair pertama dilakukan dari tanur induksi ke *ladle* (kowi) besar, kemudian dilanjutkan penuangan dari kowi besar ke kowi-kowi kecil yang nantinya akan dituang lagi ke cetakan permanen dan *CE Meter*.

4. Solidifikasi besi cor kelabu

Pendinginan spesimen dilakukan dengan dibiarkan dalam udara terbuka.

5. Pemotongan spesimen

Pemotongan spesimen bertujuan untuk menampilkan sisi dalam spesimen yang nantinya akan dikenakan proses pengujian.

6. Pengujian

Pengujian *CE METER*, pengujian kekerasan dengan *Vickers Mikro Hardness Tester* menggunakan standar JIS, Pengujian Komposisi dan pengujian struktur mikro dengan pembesaran 100X, 200X, dan 500X

7. Analisa pembahasan

Mengolah data hasil penelitian dan melakukan pembahasan lebih lanjut.

8. Kesimpulan

Menyimpulkan data dan hasil pembahasan.

2.2. Alat dan Bahan

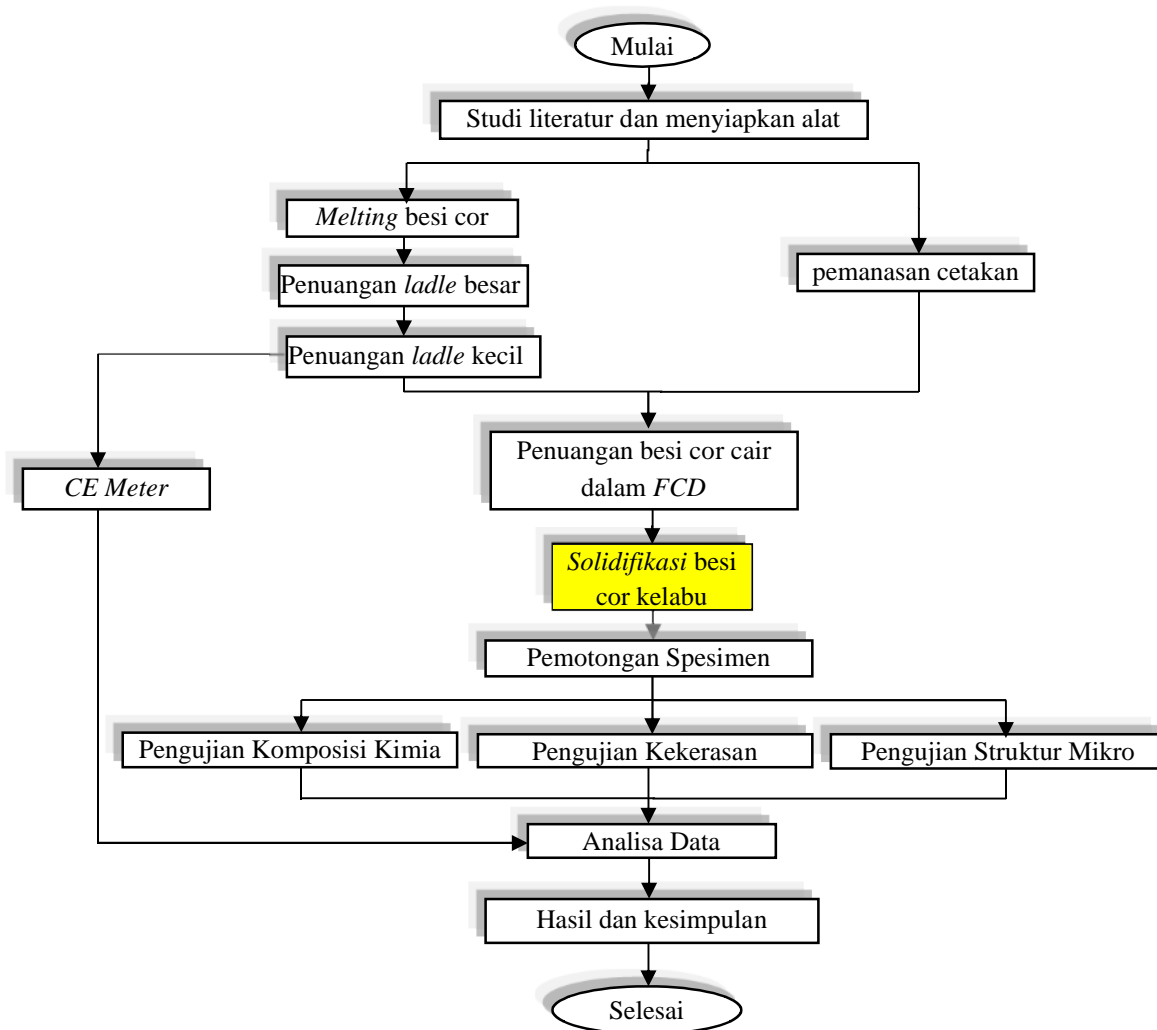
Alat

1. Tanur induksi, PT. Bonjor Jaya Klaten
2. *CE Meter*
3. Cetakan Permanen *FCD*
4. Stand untuk dudukan cetakan
5. Cup dan Konektor penghubung *CE meter*
6. *Thermometer laser*
7. Mikrometer skrup dan jangka sorong
8. *Watterpass*
9. *Ladle* (kowi) besar
10. *Ladle* (kowi) kecil
11. Mesin *Grinding*
12. Mesin *Wire Cut*
13. Alat uji *Spectrometer*
14. Alat uji kekerasan *Mikro Vickers Hardness Tester*
15. Mikroskop *Optik Olympus Metallurgical Microscope*
16. Alat bantu lain, seperti : tang penjepit, kamera *DSLR*, pukul besi, ember, sekop, dll.

Bahan

1. Bahan untuk pemanas cetakan, meliputi : arang, korek api, minyak tanah, dll.
2. Cairan besi siap tuang di PT. Bonjor Jaya Klaten (campuran gram besi, silikon dan karbon).
3. Kertas amplas
4. Asam Nitrat (HNO_3)
5. *Resin*
6. Katalis (Pengeras Resin)
7. *Autosol*, dll

2.3. Diagram Alir Penelitian

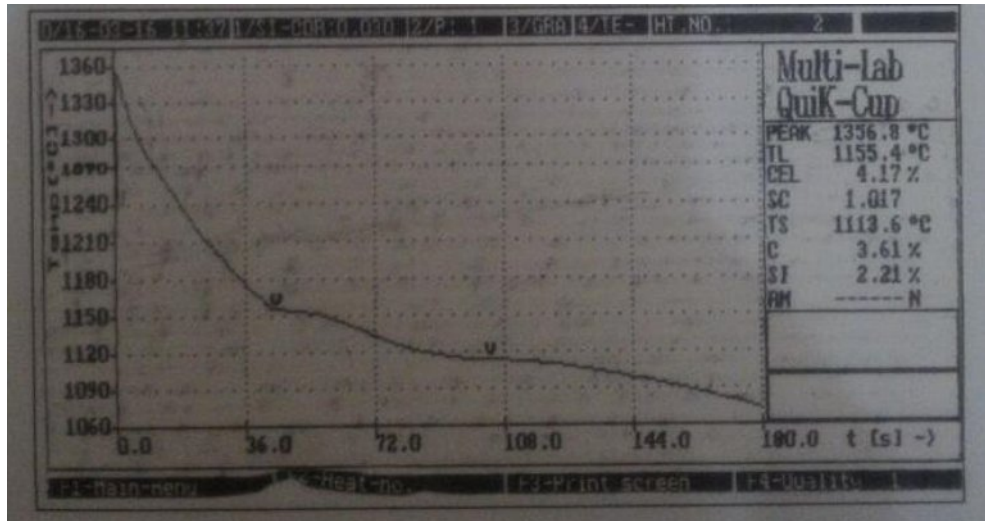


Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Uji *CE Meter*

Hasil uji *CE meter* pada besi cor kelabu bertujuan untuk mengetahui temperatur dan waktu *solidifikasi* serta perubahan unsur pada setiap tahap, mulai dari temperatur saat besi dituang, temperatur *liquid*, temperatur *solid*, dan temperatur saat besi membeku. Dari hasil pengujian peleburan menggunakan *CE meter* diperoleh data sebagai berikut:



Gambar 2 Grafik hasil uji peleburan

Pada hasil pengujian peleburan logam menggunakan *CE meter* diperoleh temperatur awal saat dituang dalam cetakan 1356.8°C , temperatur *liquid* 1155.4°C bentuknya masih cair, temperatur *solid* 1113.6°C dimana besi mulai padat namun masih berwarna merah hingga temperatur akhir 1060°C dimana besi telah beku. Dengan data tersebut dapat diketahui *Carbon Equivalent Value* dengan rumus berikut:

$$CEV = \%C + \frac{(\%Si + \%P)}{3}$$

Dimana : CEV = *Carbon Equivalent Value*

C = Kandungan Karbon (%)

Si = Kandungan Silikon (%)

P = Kandungan Fosfor (%)

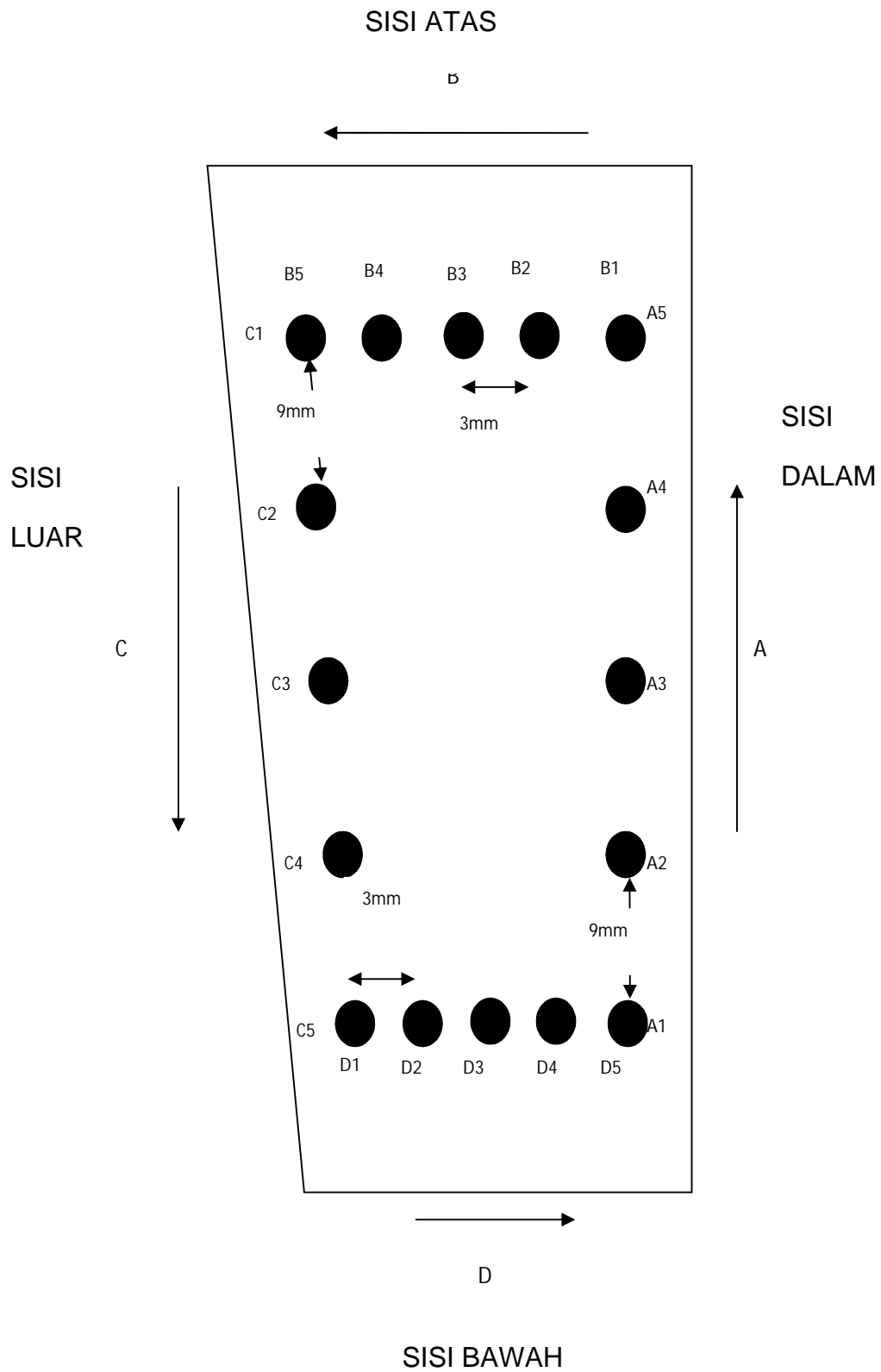
$$\text{Sehingga, } CEV = 3,61 + \frac{(2,21 + 0)}{3}$$

$$CEV = 4,3467\%$$

Dengan demikian dapat diketahui kalau persentase *Carbon Equivalent Value* diatas 4,3%. Besi cor dengan persentase *Carbon equivalent* di atas 4,3% disebut *hipereutektik*.

3.2. Hasil Uji Kekerasan *Micro Vickers*

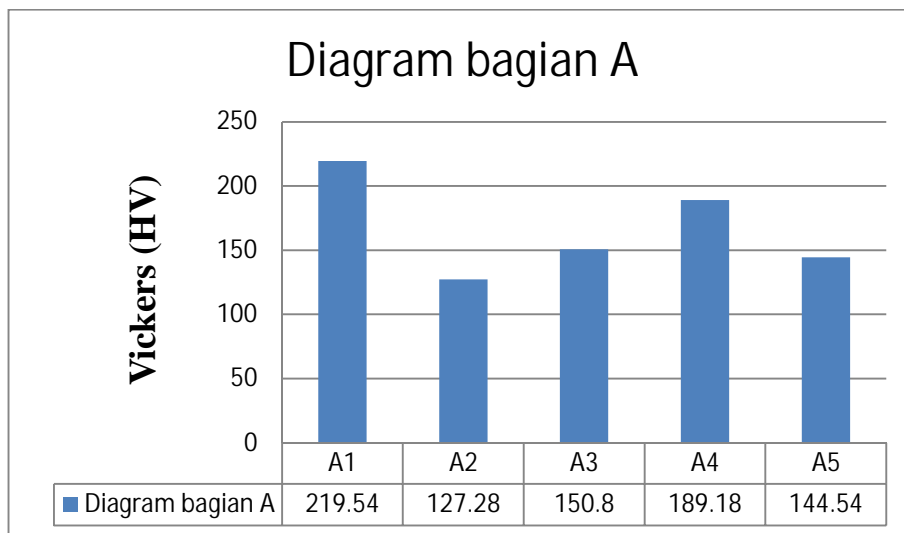
Hasil pengujian kekerasan (*Vickers Micro Hardness Tester*) bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan pada setiap titik yang di ujikan pada spesimen, spesimen terdiri dari empat bagian bagian, yaitu A, B, C dan bagian D dan setiap bagian terdiri dari lima titik pengujian.



Gambar 3 Bagian Yang di Uji Kekerasan (*Vickers*)

Tabel 1 Hasil pengujian kekerasan Vickers pada bagian A

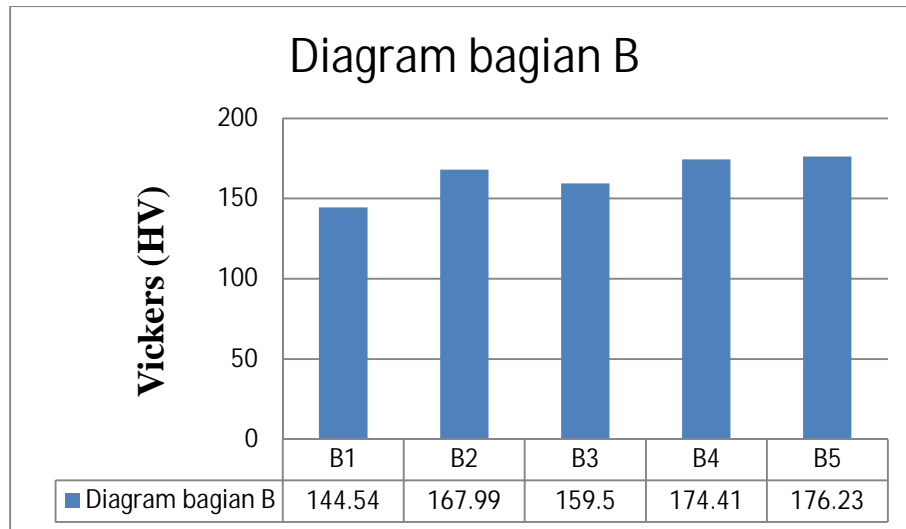
No	Lokasi Pada bagian A	Hasil Kekerasan (HV)	Beban (Kgf)
1	A1	219.54	200
2	A2	127.28	200
3	A3	150.80	200
4	A4	189.18	200
5	A5	144.54	200



Gambar 4 Diagram harga kekerasan bagian A

Tabel 2 Hasil pengujian kekerasan Vickers pada bagian B

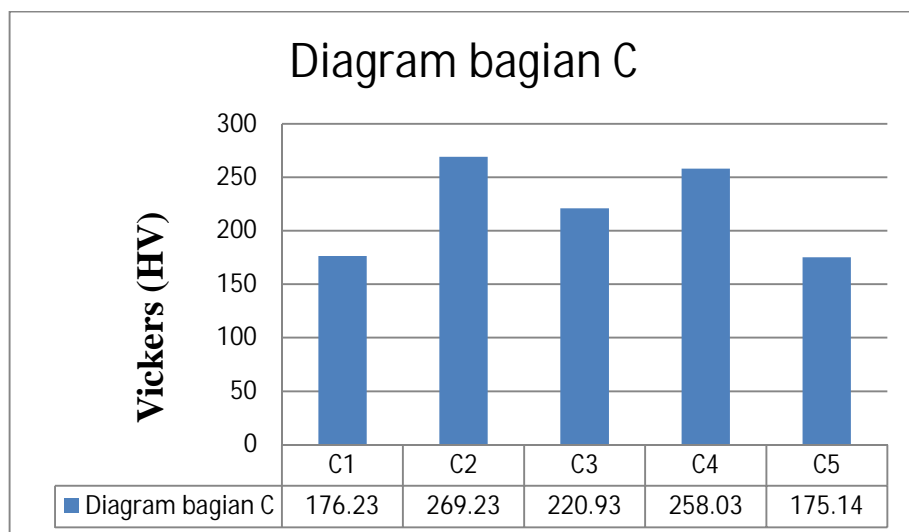
No	Lokasi Pada bagian B	Hasil Kekerasan (HV)	Beban (Kgf)
1	B1	144.54	200
2	B2	167.99	200
3	B3	159.50	200
4	B4	174.41	200
5	B5	176.23	200



Gambar 5 Diagram harga kekerasan bagian B

Tabel 3 Hasil pengujian kekerasan Vickers pada bagian C

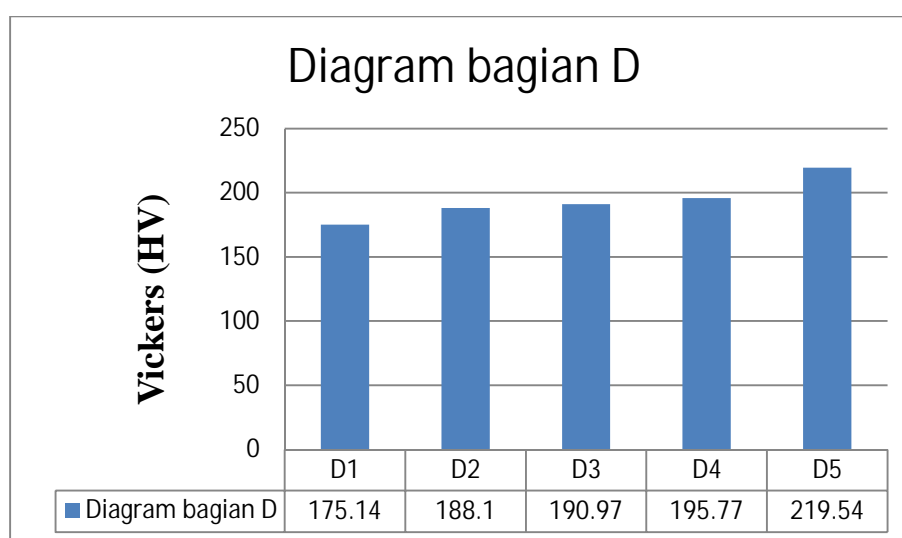
No	Lokasi Pada bagian C	Hasil Kekerasan (HV)	Beban (Kgf)
1	C1	176.23	200
2	C2	269.23	200
3	C3	220.93	200
4	C4	258.03	200
5	C5	175.14	200



Gambar 6 Diagram harga kekerasan bagian C

Tabel 4 Hasil pengujian kekerasan Vickers pada bagian D

No	Lokasi Pada bagian D	Hasil Kekerasan (HV)	Beban (Kgf)
1	D1	175.14	200
2	D2	188.10	200
3	D3	190.97	200
4	D4	195.77	200
5	D5	219.54	200



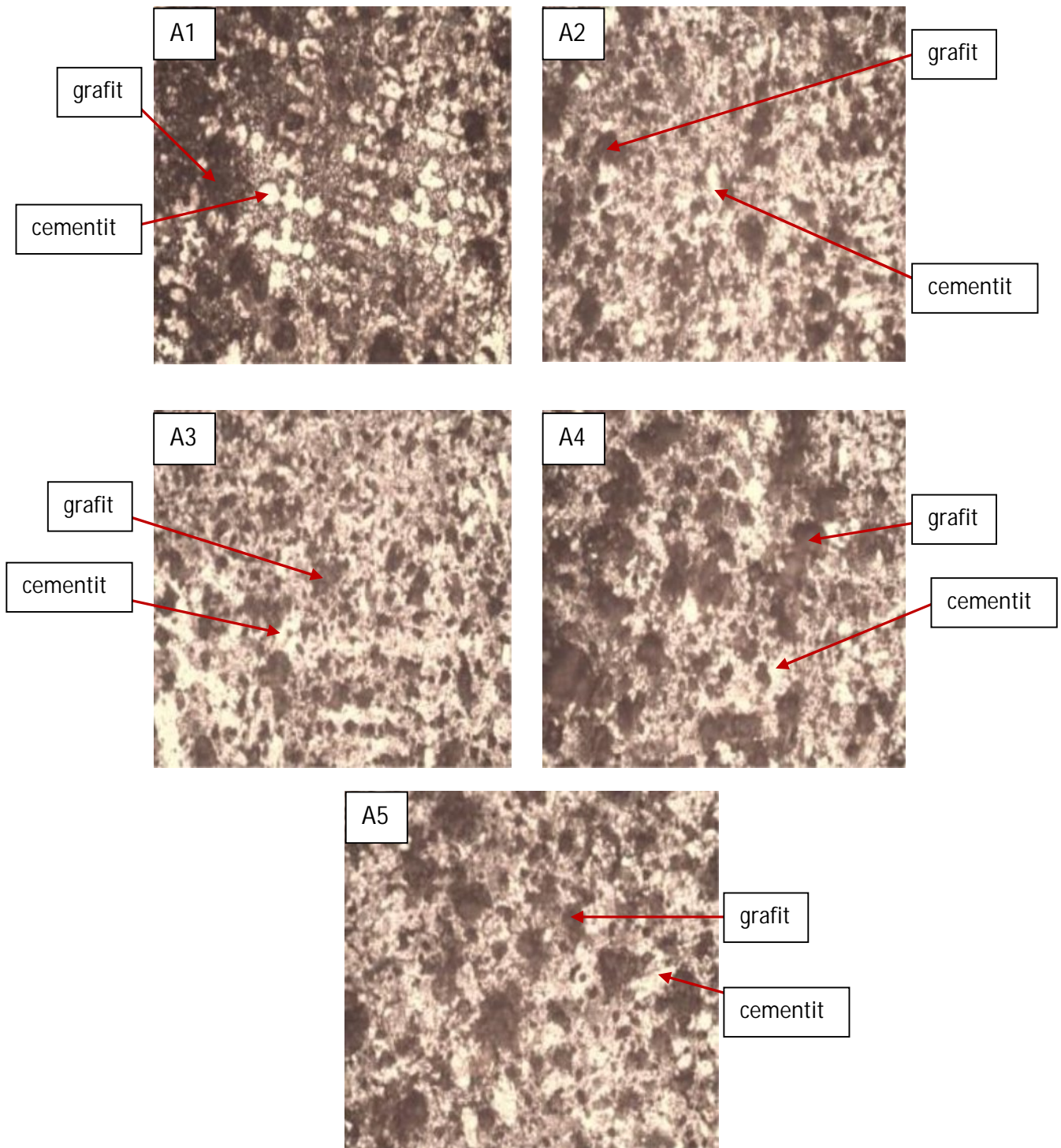
Gambar 7 Diagram harga kekerasan bagian D

Proses pembekuan dalam cetakan terjadi distribusi kekerasan yang berseragan antara bagian A,B,C,D. Dilihat dari hasil pengujian pada tabel 1, 2, 3, dan 4 di atas dapat diketahui proses pembekuan dalam cetakan terjadi distribusi kekerasan yang beragam pada sisi A, B, C, dan D. Pada masing-masing sisi A, B, C dan D terdiri dari lima titik dengan jarak tertentu. Pada sisi yang berdekatan dengan cetakan yaitu sisi C dan D memiliki nilai kekerasan yang lebih daripada sisi A yang berada pada tengah spesimen dan sisi B yang dekat dengan udara bebas.

3.3. Hasil Foto Mikro (Metalografi)

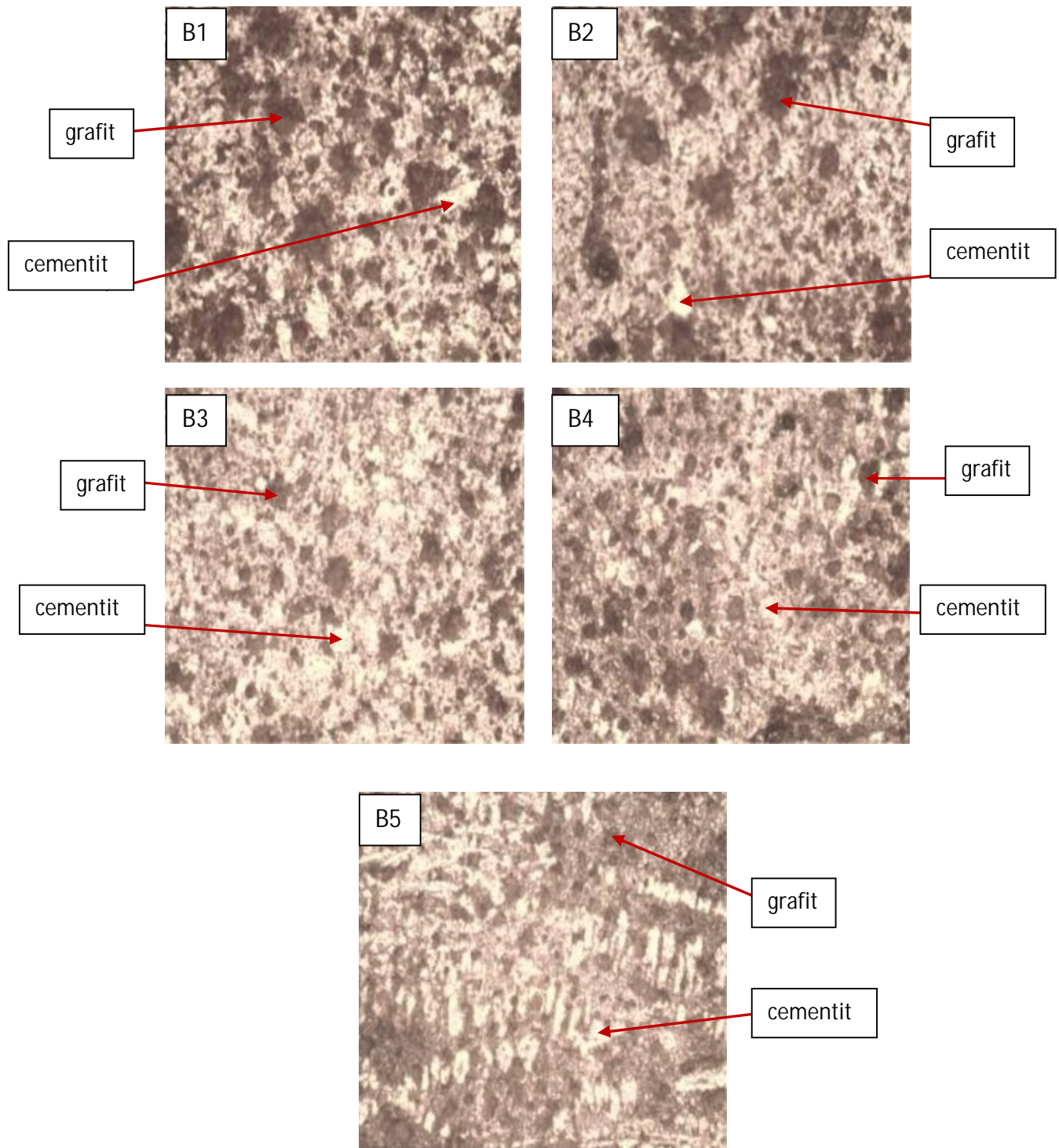
Bagian yang diambil foto mikro adalah titik bekas hasil uji kekerasan *Mikro Vickers* untuk melihat sifat fisis pada kekerasan tertentu.

Foto mikro bagian A



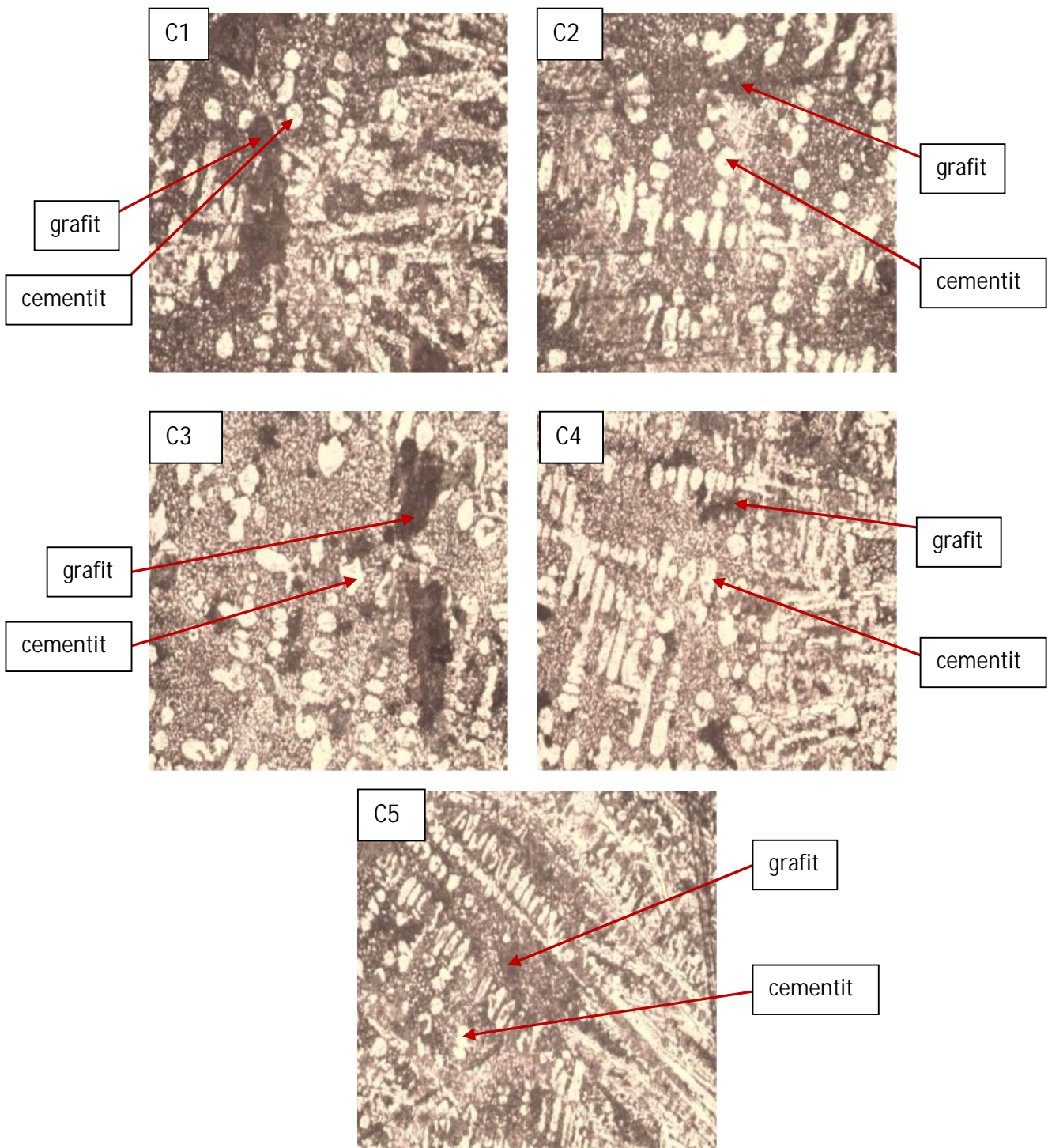
Gambar 8 Hasil foto mikro di titik A1, A2, A3, A4 dan A5 dengan pembesaran 200X pada sisi dalam

Foto mikro bagian B



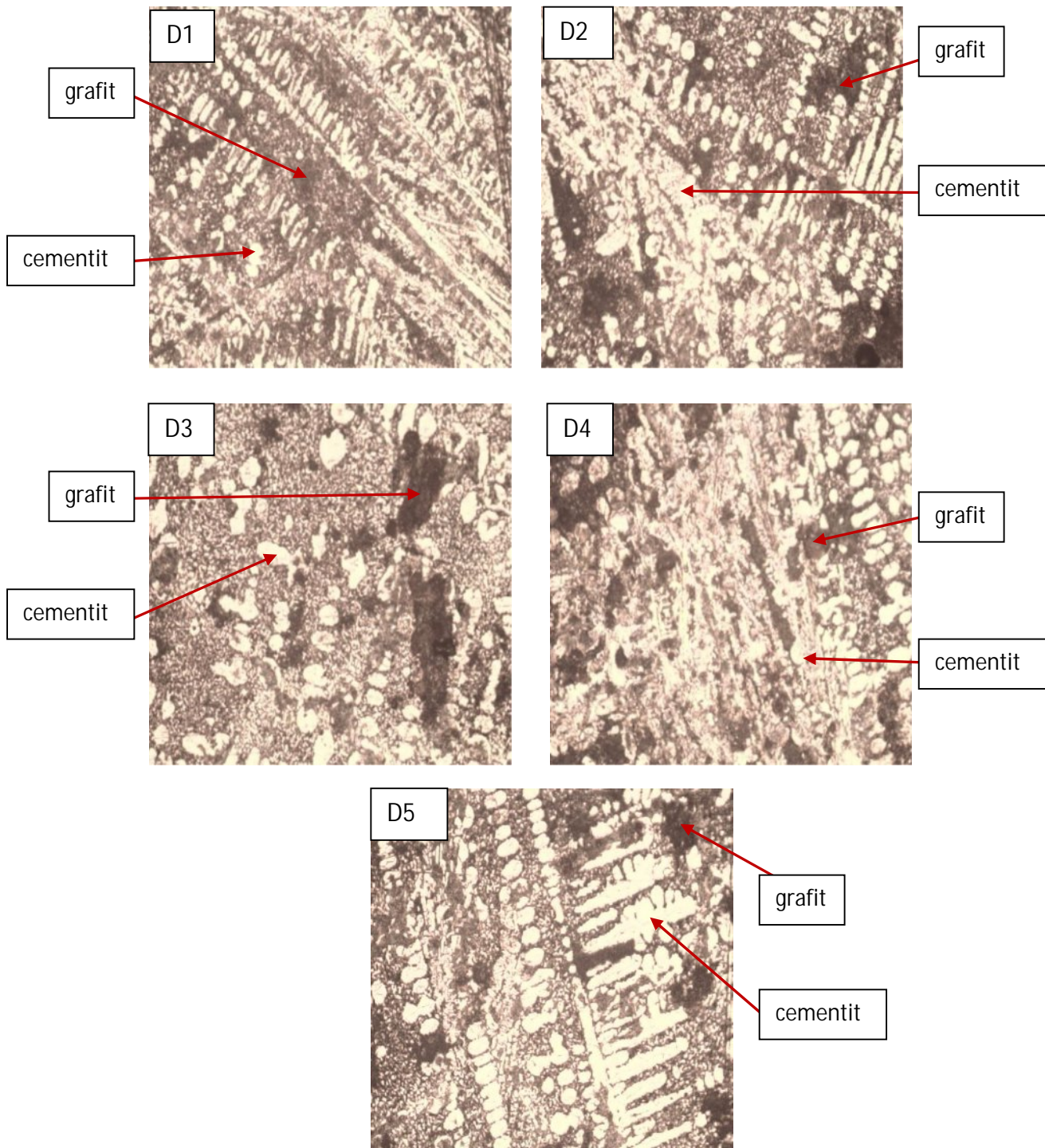
Gambar 9 Hasil foto mikro di titik B1, B2, B3, B4 dan B5 dengan pembesaran 200X pada sisi atas

Foto micro bagian C.



Gambar 10 Hasil foto mikro di titik C1, C2, C3, C4 dan C5 dengan pembesaran 200X pada sisi luar

Foto micro bagian D.



Gambar 11 Hasil foto mikro di titik D1, D2, D3, D4 dan D5 dengan pembesaran 200X pada sisi bawah

Dilihat dari hasil foto mikro di atas dapat diketahui grafit dan sementit. Semakin banyak atau rapat susunan grafit yang ada pada satu titik akan mempertinggi nilai kekerasan pada titik tersebut.

3.4. Hasil Uji Komposisi Kimia

Dari hasil pengujian komposisi kimia spesimen besi cor kelabu diperoleh hasil prosentase kandungan 20 unsur sebagai berikut:

Tabel 5 Hasil Pengujian Komposisi Kimia Bagian Atas

No	Kandungan Unsur	Sampel Uji	
		Spesimen Uji Bagian Atas	Standart Deviasi
1	Fe 2	93.46	0.0114
2	C	3.52	0.0171
3	Si	1.84	0.0156
4	Mn 1	0.412	0.0022
5	P	0.094	0.0082
6	S	0.036	0.0014
7	Cr 1	0.125	0.0023
8	Mo	0.047	0.0002
9	Ni 1	0.119	0.0011
10	Al	0.023	0.0003
11	B	0.0009	0.0001
12	Co	0.000	0.0000
13	Cu	0.013	0.0030
14	Mg	0.009	0.0001
15	Nb	0.003	0.0000
16	Pb	0.0044	0.0002
17	Sn	0.014	0.0005
18	Ti	0.000	0.0000
19	V	0.041	0.0249
20	W	0.053	0.0004

Dari hasil uji spectrometer dapat disimpulkan dari jenis besi cor. Terdapat kandungan C sebesar 3,52 %, dan Si sebesar 2,21 %. Maka besi cor kelabu tersebut termasuk pada jenis besi cor kelabu FC 150 menurut standar JIS.

PENUTUP

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh preheating pada temperatur 400⁰C pada cetakan permanen besi cor ductile digunakan material besi cor kelabu menghasilkan distribusi kekerasan yang beragam. Pada sisi yang berhimpitan dengan cetakan permanen mempunyai nilai kekerasan yang lebih daripada sisi tengah diameter dan sisi atas.
2. Hasil pengujian peleburan logam menggunakan CE meter dapat diketahui bahwa prosentase Carbon Equivalent Value menunjukkan Hipereutektik. Hasil uji komposisi kimia terdapat 20 unsur. Pada pengamatan struktur mikro ditemukan struktur grafit dan sementit pada sisi dinding cetakan dengan bagian inti spesimen terjadi perubahan yang sangat signifikan. Semakin banyak kandungan grafit dalam suatu titik akan memiliki nilai kekerasan yang tinggi.

PERSANTUNAN

Puji syukur alhamdulillah, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas bekah, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusunan laporan penelitian tugas akhir dapat terselesaikan. Tugas Akhir ini dapat diselesaikan atas dukungan dari beberapa pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tersayang, yang senantiasa mendoakan yang terbaik untuk kami putra-putranya, sehingga kami bisa sampai saat ini.
2. Bapak Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Tri Widodo BR, ST., MSc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Agus Yulianto, ST, MT., selaku dosen pembimbing utama yang senantiasa memberikan arahan dan masukan-masukan yang sangat bermanfaat bagi terselesaikannya tugas ini.
5. Bapak Ir. Ngafwan, MT., Selaku dosen pembimbing pendamping telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman seperjuangan 2011, yang telah 5 tahun berjuang bersama baik suka maupun duka.
7. Serta seluruh pihak lain yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

Nainggolan, Andre. Sejarah Pengecoran Logam.

<http://tugasmechanicalengineering.blogspot.com/2011/10/sejarah-pengecoran-logam.html/>

Erie, Dunia. Besi Cor Kelabu. <http://mantantukanginsinyur.blogspot.co.id/2010/07/besi-cor-kelabu.html/>

Harlistyo, Yananda. Besi Tuang (Cast Iron). <http://blackknight-radyo.blogspot.co.id/2012/05/>

Nanda, Chorul, Pengaruh Preheating. <http://nandachoirul.blogspot.co.id/2014/10/proses-pengecoran-bagian-1-gating-system.html/>

Kusumaharjo, Sandi. Besi Tuang. <http://sanditeknikmesin.blogspot.co.id/2012/01/besi-tuang.html>

Sonjaya. Besi Cor. <https://sonjaya45.wordpress.com/2010/03/13/besi-cor/>

Surdia, Tata. (1995). Teknik Pengecoran Logam. CetakaN, PT. Prandnya Paramita, Jakarta.

Widodo, R. Komposisi Besi Cor Kelabu. 1 Juni 2012. <https://hapli.wordpress.com/forum-ferro/komposisi-besi-cor-kelabu/>

Widodo, R. Perlakuan Panas Pada Proses Pengecoran Logam. <http://zikdoit.blogspot.co.id/2014/11/perlakuan-panas-pada-proses-pengecoran.html/>